

С.Н. Лавриненко, д-р техн. наук, Харьков, Украина

ВЛИЯНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА КАЧЕСТВО БИОИНЖЕНЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРОВ

У статті представлені результати дослідження впливу марки інструментального матеріалу і геометричних параметрів ріжучого інструмента на якість поверхневого шару і стабільність експлуатаційних характеристик біоінженерних полімерних виробів.

В статье представлены результаты исследования влияния марки инструментального материала и геометрических параметров режущего инструмента на качество поверхностного слоя и стабильность эксплуатационных характеристик биотехнических полимерных изделий.

The paper presents the results of investigation of the effect of tool material mark and geometric parameters of the cutting tool on the quality of the surface layer and the stability of the performance of bioengineered polymer products.

Влияние инструментального материала и геометрических параметров режущего инструмента на качество поверхности и стабильность эксплуатационных характеристик биотехнических изделий из полимеров определяется физико-химическим взаимодействием инструментального и обрабатываемого материалов.

Влияние инструментального материала на качество формируемого поверхностного слоя биотехнических изделий из полимеров определяется физико-химическим взаимодействием инструментального и обрабатываемого материалов. Низкая твердость полимеров, а также характер их деформации и разрушения в процессе резания, предполагает кинематическое копирование аморфным обрабатываемым материалом поверхностной структуры инструментального материала. Таким образом, инструментальный материал, обладающий более упорядоченной поверхностной структурой и, следовательно, минимальной шероховатостью режущей кромки, будет обеспечивать стабильно высокое качество обработанной поверхности. Причем упорядоченность этой структуры должна сохраняться возможно более длительное время, а сама поверхность — обладать низкими адгезионными свойствами, предотвращающими налипание частиц обрабатываемого материала и связанные с этим нарушения поверхностного слоя.

В результате исследований по определению износостойкости режущего инструмента был сделан вывод, что из инструментальных материалов наиболее полно изложенным выше требованиям отвечает природный монокристалл алмаза и группа алмазных сверхтвердых материалов, в частности, инструментальный материал марки СКМ-Р, обладающий мелкозернистой структурой.

Инструменты из быстрорежущих сталей обладают наименьшим значением радиуса округления режущей кромки из всех групп инструментальных материалов, однако это достоинство нивелируется низкой способностью

удерживать минимальное значение радиуса округления в течении длительного времени, а также более высокими адгезионными свойствами поверхности быстрорежущей стали по сравнению с СТМ. Режущие инструменты из твердых сплавов в частности группы ВК вследствие пористости структуры, больших значений радиуса округления режущей кромки по сравнению с быстрорежущей сталью и СТМ при обработке полимеров неэффективны.

На рисунке 1 представлена столбчатая диаграмма, отражающая значения шероховатости обработанной поверхности по параметру среднеарифметического отклонения профиля при чистовом фрезеровании на оптимальных режимах резания ($v = 30$ м/мин, $sz = 0,01$ мм/зуб, $t = 0,3$ мм) режущим инструментом из различных инструментальных материалов, имеющим оптимальную геометрию ($\phi = 45^\circ$; $\phi_1 = 10^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\alpha_1 = 10^\circ$; $\gamma = 0^\circ$). Как видно из столбчатой диаграммы минимальный уровень шероховатости достигается при использовании СТМ марки СКМ-Р: $Ra = 1,9 \dots 2,1$ мкм. Следует отметить, что другие марки сверхтвердых материалов по сравнению с СКМ-Р обеспечивают худший уровень шероховатости (см. рис. 2).

Учитывая относительно высокую стоимость СТМ, а также ограниченную длину главной режущей кромки из-за ограниченного размера синтезируемого поликристалла можно рекомендовать СТМ марки СКМ-Р для операций получистового и чистового фрезерования полимеров; а на операциях чернового фрезерования использовать быстрорежущую сталь марки Р6М5, как наиболее широко распространенную и удовлетворяющую комплексу технологических требований.

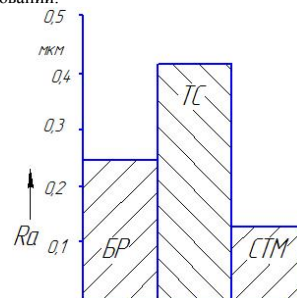


Рисунок 1 – Влияние различных инструментальных материалов на шероховатость обработанной поверхности ПОЛИМЕРОВ

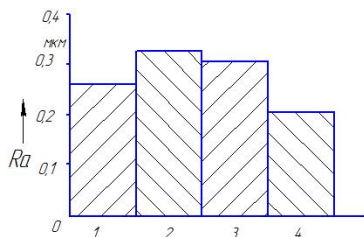


Рисунок 2 – Шероховатость обработанной поверхности ПОЛИМЕРОВ при фрезеровании инструментом из различных СТМ:
1 – композит 01, 2 – композит 05, 3 – композит 10, 4 – СКМ-Р.

Установленное нами положение об определяющей роли радиуса округления режущей кромки в процессе формирования поверхностного слоя изделий из полимеров полностью подтверждается результатами экспериментов по определению влияния геометрических параметров режущего инструмента на параметр радиационной стойкости (рис. 3).

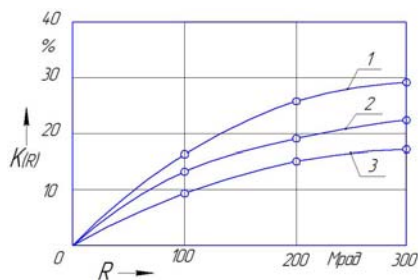


Рисунок 3 – Зависимость показателя потери радиационной стойкости (интенсивности полосы поглощения 1666 см⁻¹ от поглощенной дозы) образцов, обработанных инструментом с различным радиусом округления режущей кромки:
1) $r = 11$ мкм, 2) $r = 7$ мкм, 3) $r = 4$ мкм

Из сопоставления зависимости интенсивностей полос поглощения $S=0$ – группы 1686 см⁻¹ от поглощенной дозы следует, что чем меньше радиус округления режущей кромки инструмента, тем ниже показатель потери радиа-

173

ционной стойкости обработанной поверхности. Это объясняется уменьшением напряженности процесса деформации и стружкообразования в снимаемом слое обрабатываемого материала за счет снижения уровня энергии разрушения.

Варьирование геометрическими параметрами режущей части инструмента в рекомендуемых пределах их значений заметного влияния на эксплуатационные характеристики полимеров не оказывает за исключением диапазона значений переднего угла $\gamma = -5^\circ \dots +10^\circ$ и радиуса при вершине резца $r = 0,05 \dots 6$ мм.

Влияние переднего угла на формирование структуры поверхностного слоя объясняется особенностями процесса деформации и стружкообразования при резании полимеров. Как видно из рисунка 4 интенсивность полос поглощения $S=0$ – группы 1680 см⁻¹ от поглощенной дозы меньше при значении переднего угла $\gamma = 10^\circ$, т.е. при этом значении радиационная стойкость наибольшая. Отрицательное и нулевое значение переднего угла приводит к снижению радиационной стойкости образца и, как следствие, к необратимому ухудшению эксплуатационных характеристик.

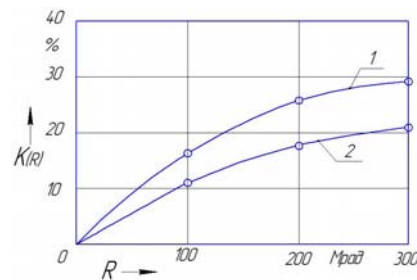


Рисунок 4 – Зависимость показателя потери радиационной стойкости (интенсивности полосы поглощения 1686 см⁻¹ от поглощенной дозы) образцов, обработанных инструментом с различным передним углом:
1) $\gamma = -5^\circ$, 2) $\gamma = +10^\circ$.

Аналогичные результаты получены и в экспериментах по определению влияния переднего угла на показатель светового выхода готового изделия (рис. 5).

Изменение значения радиуса при вершине режущего клина заметно влияет на шероховатость обработанной поверхности. Как видно из рисунка 6 зависимости величины среднеарифметического отклонения профиля от увеличения радиуса при вершине отчетливо проявляется при увеличении глуби-

174

ны резания. При значениях $t > 0,5$ мм и $r > 2$ мм высота микропрофиля обработанной поверхности достигает такой величины ($Ra > 0,4$ мкм), при которой нарушается соблюдение критериев достаточной шероховатости и регулярности микрогеометрии поверхности и, как следствие, происходит снижение параметров светопропускания. Влияние радиуса при вершине режущего клина на изменение параметров шероховатости поверхности происходит не за счет кинематического отображения режущей части инструмента (для металлов и реактопластов увеличения радиуса при вершине резца обычно приводит к уменьшению шероховатости поверхности), а за счет ухудшения условий процесса деформации и стружкообразования вследствие увеличения площади активного контакта, приводящего к разрушению поверхностного слоя полимеров. Увеличение главного заднего угла до значения $\gamma = 20^\circ$, уменьшение глубины резания $t = 0,1 \dots 0,3$ мм и наличие СОТС позволяет использовать кинетические преимущества инструмента с большими значениями радиуса при вершине ($r = 6 \dots 15$ мм) на чистовых калибрующих операциях, улучшая световой выход готовых изделий, однако это улучшение нивелируется уменьшением радиационной стойкости образцов.

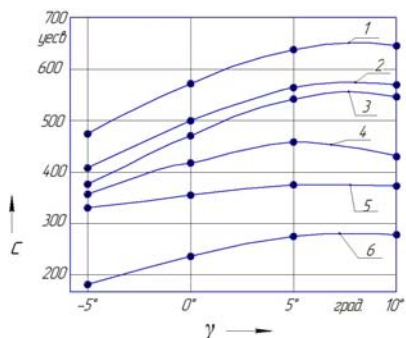


Рисунок 5 – Влияние значения переднего угла режущего инструмента на показатель светового выхода образцов из полимеров различной структуры:
1) $t = 0,1$ мм, 2) $t = 0,2$ мм, 3) $t = 0,3$ мм, 4) $t = 0,4$ мм, 5) $t = 0,5$ мм, 6) $t = 0,6$ мм.

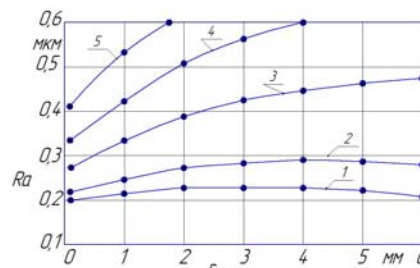


Рисунок 6 – Влияние радиуса при вершине режущего клина на шероховатость обработанной поверхности при различной глубине резания:
1) $t = 0,1$ мм, 2) $t = 0,2$ мм, 3) $t = 0,3$ мм, 4) $t = 0,4$ мм, 5) $t = 0,5$ мм

Таким образом, применение инструмента с большими значениями радиуса при вершине целесообразно в случае, когда с целью увеличения производительности процесса механической обработки возникает необходимость увеличения значения минутной подачи. Для этого случая нами разработана конструкция многозубой торцевой фрезы с использованием принципа разделения припуска и наличием одного или двух калибрующих ножей. Такая конструкция позволяет повысить производительность процесса чистового фрезерования поверхностей крупногабаритных биоинженерных изделий из полимеров типа сцинтилляционных детекторов в 1,5...3,5 раза.

Выводы:

1) Применение инструмента из СТМ марки СКМ-Р позволяет достигать наименьший уровень шероховатости. С учетом относительно высокой стоимости и ограниченной длины главной режущей кромки из-за ограниченного размера синтезируемого поликристалла можно рекомендовать СКМ-Р для операций чистового и полустачного фрезерования, а на черновых операциях использовать быстрорежущую сталь марки Р6М5 как наиболее распространенную и удовлетворяющую комплексу технологических требований;

2) При нулевом и отрицательных значениях переднего угла происходит ухудшение эксплуатационных характеристик готовых биоинженерных изделий. Оптимальным значением переднего угла является $\gamma = 5^\circ$.

Поступила в редакцию 15.06.2012